

Співпраця запорізьких авіадвигунобудівних підприємств з провідними вченими України в галузі динамічної міцності в 1950-1970-х рр.

Cooperation Zaporizhzhya aviation engine-building companies with the leading scientists of Ukraine in the field of dynamic strength in the 1950-1970s.

Андрій Ларін ¹, Ольга Чумаченко ²

Andrii Larin, Olha Chumachenko

¹ Кафедра історії науки і техніки, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна
larinpokotilovka@mail.ru

² Кафедра українознавства та загальної мовної підготовки, Запорізький національний технічний університет, Запоріжжя, Україна
4858102@rambler.ru

Ключові слова:

авіаційне двигунобудування, газотурбінний двигун, лопатка, ротор, ресурс, коливання, проблема динамічної міцності, Запорізький моторобудівний завод, Запорізьке машинобудівне конструкторське бюро «Прогрес», Інститут проблем міцності (м. Київ), Харківський політехнічний інститут, Харківський авіаційний інститут.

Анотація: У статті на основі архівних джерел розкриті рішення проблем динамічної міцності в авіаційному двигунобудуванні 1950 – 1970-х рр. шляхом співпраці запорізьких авіадвигунобудівних підприємств з провідними вченими України. Зосереджено увагу на дослідженнях Інституту проблем міцності (м. Київ), а саме діяльності академіка АН УРСР Г. С. Писаренка, науково-дослідній роботі вчених кафедри «Динаміка і міцність машин» Харківського політехнічного інституту (академік АН УРСР А. П. Філіппов; С. І. Богомолов, Є. Г. Голоскоков, А. М. Журавльова, О. К. Слива), а також Харківського авіаційного інституту (А. М. Фрід, Д. Ф. Симбірський і В. М. Єршов). Результати робіт були передані в ЗМКБ «Прогрес». До наукового обігу введені архівні документи, які раніше не були відомі дослідникам.

Key words:

aviation engine-building, gas turbine engine, the vane, rotor, resource, fluctuations, the problem of dynamic strength, Zaporizhzhya engine-building plant, Zaporizhzhya machine-building design Bureau "Progress", Institute for problems of strength (Kyiv), Kharkiv Polytechnic Institute, Kharkiv Aviation Institute.

Abstract— In article on the basis of many written sources highlights the problems of aircraft engines of the 1950s – 1970s and their solution through cooperation of Zaporizhzhya aviation engine-building companies with the leading research institutions. Attention is focused on the research of the Institute of problems of strength (Kyiv), namely the activities of the Academy of Sciences of the USSR G. S. Pisarenko, as well as the research work of scientists of the Department "Dynamics and strength of machines", Kharkiv Polytechnic Institute (academician of the USSR A. P. Filippov; S. I. Bogomolov, E. G. Goloskokov, A. M. Zhuravleva and O. K. Sliva) and Kharkiv Aviation Institute (M. A. Freed, D. F. Simbirskiy, V. M. Ershov) related to the solution of problems of dynamic strength of aircraft gas turbines. The results of the study were submitted to the Zaporizhzhya machine-building design Bureau "Progress". The new archive materials are introduced into scientific circulation; its were unknown for the researches before.

Актуальність проблеми. Досвід запорізького авіадвигунобудування 1950 – 1970-х рр. є унікальним надбанням колишнього СРСР та прикладом плідної роботи для сучасної авіаційної промисловості України. Проектування та виробництво двигунів для літальних апаратів складається з численних наукоємних складових, тому у разі виникнення спеціалізованих проблем та питань колективи Запорізького моторобудівного заводу та ЗМКБ «Прогрес» зверталися по допомогу до відповідних науково-дослідних установ. Аналіз подібного співробітництва, його критичне

осмислення і використання, на нашу думку, здатне стати підґрунтям при розбудові будь-якої науково-технічної галузі країни. Для уникнення можливих помилок та прорахунків розвитку промислового потенціалу країни, слід простежити головні напрямки та досягнення науково-дослідницької роботи вчених основних академічних установ та вищої школи, результати яких безпосередньо використовували підприємства авіаційного двигунобудування в м. Запоріжжі.

Аспекти, в яких проблема розроблена. Проблема науково-дослідницького співробітництва Запорізького моторобудівного заводу та ЗМКБ «Прогрес»

з академічними установами та вищою школою, зокрема у галузі динамічної міцності, до тепер не була досліджена.

Здійснені наукові пошуки відображені в роботах [1, 2, 3], що розкривають розвиток лише авіаційного двигунобудування в м. Запоріжжі в період з 1950 по 1975 рр. Проте роботи [4, 5, 6, 7, 8] присвячені науковим доробкам харківських вчених з вирішення подібних проблем динамічної міцності парових і газових турбін.

Метою дослідження є відтворення на основі архівних даних, що раніше не були відомі, та вже існуючої історіографічної бази, науково-дослідницького співробітництва запорізьких авіадвигунобудівних підприємств з Інститутом проблем міцності (м. Київ), Харківським політехнічним інститутом та Харківським авіаційним інститутом.

Джерельна база дослідження складається з документів архівів України, а саме: Центрального державного архіву громадських об'єднань України, Архіву Інституту проблем машинобудування НАН України, Державного архіву Запорізької області, Державного архіву Харківської області та дисертацій співробітників Харківського політехнічного інституту.

Результати дослідження.

У роботах [1, 2, 3] нами вже розглядався розвиток авіамоторобудування в Запоріжжі в період з 1950 по 1975 рр. Однак у цих працях не відображено взаємодію запорізьких вчених і конструкторів з провідними організаціями та вченими Радянського Союзу, що забезпечували наукову підтримку конструюванню і виробництву авіамоторів. Але ж це є вельми наукоємною галуззю промисловості. У даній статті ця прогалина частково виправляється: в ній розглядається допомога, яку надавали запорізьким моторобудівникам провідні вчені в галузі динамічної міцності.

1950-ті рр. в авіації характеризуються переходом від поршневих до газотурбінних двигунів (ГТД). Один з лідерів авіамоторної галузі СРСР – Запорізький моторобудівний завод (ЗМЗ) №478 – у період 1950-1965 рр. також перейшов до виробництва ГТД. За цей час відбулися переломні події у розвитку заводу, в результаті яких від нього відокремилася ДКБ під керівництвом О. Г. Івченка.

Бурхливий розвиток авіаційних ГТД з високими експлуатаційними швидкостями і підвищеним статичним та динамічним навантаженням конструктивних елементів при одночасному прагненні до зниження матеріаломісткості створив цілу низку проблем у забезпеченні вібраційної надійності двигунів. Наявність щільних спектрів власних частот і частот обертання не дозволяло повністю уникнути резонансних режимів коливаль, внаслідок чого зростала небезпека виникнення автоколиваль. Це суттєво знижувало ресурс газових турбін, і його підвищення стало однією з головних проблем авіадвигунобудування у другій половині 1950-х рр.

Насамперед ця проблема стосувалася роторів газових турбін, зокрема їхніх лопаток і дисків. Серед

деталей турбін найбільш навантаженими були лопатки, які працювали за високих температур в умовах агресивного газового середовища. У матеріалі лопаток виникало тяжке напруження мінливого характеру, що викликало їх передчасне руйнування. Опір руйнуванню безпосередньо залежав від технологічних факторів, які здійснювали великий вплив на якість поверхневого шару, що, у свою чергу, залежало від методу оброблення та його технологічних умов [9, арк. 2].

Незважаючи на те, що конструювання і виробництво авіаційних газових турбін було справою зовсім новою, вчені в галузі динаміки і міцності машин вже накопичили великий досвід розрахунків подібних конструкцій. Це пов'язано з вирішенням аналогічних проблем для стаціонарних і корабельних парових і газових турбін. У вирішення проблем динамічної міцності цих конструкцій зробили вагомий внесок і українські вчені. Серед організацій, що займалися проблемами міцності в турбінобудуванні, слід зазначити Інститут проблем міцності (ІПМ) АН УРСР, Лабораторію проблем швидкохідних машин і механізмів АН УРСР, після неодноразової реорганізації перетворену в Інститут проблем машинобудування (ІПМаш) АН УРСР, Харківський політехнічний інститут і Харківський авіаційний інститут.

Організатором і лідером наукової школи ІПМ був академік АН УРСР Георгій Степанович Писаренко. Проблемами турбінобудування він почав займатися ще у 1940 р. [4]. Внесок науковця у розвиток механіки та міцності машинобудування неможливо переоцінити [10, арк. 1]. Завдяки його зусиллям 1966 р. в системі АН УРСР було створено єдиний за профілем у державі Інститут проблем міцності, розташований у м. Києві. Інститут займався питаннями міцності в теоретичних та експериментальних аспектах, метою яких було максимально точно враховувати фактори, що супроводжують реальні експлуатаційні умови елементів машин різного гатунку під час оцінювання їхньої несучої здатності. Установа впродовж багатьох років співпрацювала із запорізькими авіадвигунобудівниками, збагачуючи підприємства результатами науково-технічних досліджень [10, арк. 8].

За ініціативи Г. С. Писаренка та за його безпосередньої участі та керівництва в 1950-1960-х рр. було створено більше ста різноманітних установок, велику кількість яких визнано унікальними. До таких можна віднести серію установок для вивчення характеристик міцності тугоплавких матеріалів при короткочасних і довготривалих навантаженнях та температурі до 3000 °С, а також установку для вивчення твердості та характеристики пружності при тотожній температурі. Серед подібних розробок слід назвати газодинамічний стенд для вивчення несучої здатності елементів конструкції, у тому числі з теплозахисним покриттям за температури до 2500 °С; серію установок для вивчення розсіювання енергії в матеріалі за його циклічного деформування в широкому діапазоні. Окрім того, Г. С. Писаренко створив стенд для вивчення граничної несучої здатності елементів роторів турбомашин за нерівного нагрівання в полі

відцентрових сил та кількості обертів, що сягають 75 000 на хвилину, серію установок для вивчення тривалості міцності за програмних змін навантаження та температури, низку установок для вивчення міцності за низьких температур. Професор був автором установки для вивчення короточасної та довготривалої міцності жаростійких матеріалів в умовах реакторного опромінювання, серії установок для вивчення термічної втоми і термоудару та багатьох інших [10, арк. 6]. Таким чином Георгій Степанович уперше розробив наукові основи експериментальної методики дослідження міцності широкого кола матеріалів і деталей машин в експериментальних умовах експлуатації для об'єктів нової техніки. Створене обладнання та наукові основи методів дослідження надали змогу провести низку комплексних робіт з визначення міцності матеріалів, конструкторських елементів з них та запропонувати науково обгрунтовані критерії їх несучої здатності в умовах, максимально наближених до реальних.

Результати багатьох досліджень з оцінювання несучої здатності найважливіших конструкторських елементів ТРД, таких як соплові та робочі лопатки турбін, диски турбін та компресорів, Г. С. Писаренко передав до Міністерства авіаційної промисловості [10, арк. 7]. Докладно про діяльність ІПМ у цій області можна ознайомитися в колективній монографії [5, с. 810-916].

Другим науковим центром, де розвивалися проблеми турбінобудування, став Харків. У місті знаходився один з найбільших у світі Харківський турбогенераторний завод (ХТГЗ). Відновлений після війни, він з 1948 р. переходив на виробництво турбін високого тиску потужністю в 50 та 100 тис. кВт. Нові конструкції машин за своєю економічністю і надійністю були на рівні сучасного турбобудування [11, арк. 206]. Серед організацій, створених для наукового забезпечення відновлення і розвитку турбобудування в системі Академії наук УРСР, була Лабораторія проблем швидкохідних машин і механізмів, яка почала свою діяльність як самостійна науково-дослідна установа з 1 жовтня 1944 р. у Києві. Керував Лабораторією академік Г. Ф. Проскура. У 1948 р. Лабораторію перевели до Харкова, об'єднавши з нею Харківську філію Інституту теплоенергетики АН УРСР. За новим штатним розкладом до складу Лабораторії увійшов відділ динаміки і міцності деталей турбомашин [12, арк. 1].

Переведення Лабораторії до Харкова активізувало її співпрацю з провідним турбобудівним заводом СРСР – ХТГЗ. У його складі був організований сектор динаміки частин машин і механізмів, який очолив А. П. Філіппов, обраний в 1945 р. членом-кореспондентом АН УРСР. У цей час розпочалася також співпраця з Харківським механіко-машинобудівним інститутом (зараз НТУ «ХПІ»). З 28 вересня 1948 р. керівник відділу динаміки і міцності деталей турбомашин А. П. Філіппов за сумісництвом стає завідувачем кафедри динаміки і міцності машин. З приходом Анатолія Петровича наукова тематика кафедри в основному стала спрямовуватися на вивчення проблем турбобудування [6, с. 45].



Академік Анатолій Петрович Філіппов
(1899-1978)

Перехід в турбобудуванні до більш високих робочих температур, тиску і окружних швидкостей вимагав всебічного розвитку теоретичних та експериментальних вібраційних явищ у дисках і лопатках турбомашин. Прагнення створити конструкції можливо меншої матеріаломісткості призвело до створення турбомашин з рівномірними вузлами і деталями. В результаті частотні характеристики окремих конструктивних елементів виявилися одного порядку. Це, в свою чергу, призвело до сильного взаємозв'язку коливань. Зокрема, однією з важливих і цікавих проблем динамічної міцності роторів турбомашин стала проблема спільних коливань робочих лопаток і дисків.

Саме цій проблемі була присвячена діяльність видатного вченого С. І. Богомолова. У своїй кандидатській дисертації Сергій Іванович розглянув згинні коливання диска постійної товщини спільно з лопатками, центр кручення і центр ваги поперечного перерізу яких збігаються [13]. Почавши з часткової проблеми, він продовжив дослідження в цьому напрямку. Під його керівництвом виконується тема «Експериментальне та теоретичне дослідження динаміки нерівномірно нагрітих швидкообертальних роторів турбін і газотурбінних двигунів». При її розробленні завдання про дослідження динамічних явищ в швидкообертальних роторах турбомашин сформульована в найбільш загальній математичній постановці, яка дозволяє враховувати коливання робочих лопаток, дисків, спільні коливання дисків і лопаток, знаходити критичні стани роторів з урахуванням податливості опор, робочих лопаток і т.п.



*Професор Сергій Іванович Богомолів
(1921-1999)*

Поряд з теоретичними проводяться й експериментальні дослідження. Для цього в лабораторії розроблена і виготовлена експериментальна установка для дослідження вібрацій різних конструктивних елементів в умовах високих температур [14, арк. 2-5]. На цій установці Сергій Іванович провів цикл експериментальних досліджень спеціальних модельних дисків і показав, що досить повне теоретичне уявлення про динамічні властивості системи «диск-лопатки» можна отримати тільки на основі спільного рішення диференціальних рівнянь, що описують згинні коливання дисків і згинально-крутильні коливання робочих лопаток. Такий підхід дозволяє визначити динамічні властивості облопачених дисків у широкому діапазоні частот і виявити особливості взаємодії робочих лопаток і диска при спільних коливаннях. У 1969 р. Богомолів захистив докторську дисертацію на тему «Коливання дисків турбомашин» [15], у якій розглянуто спільне рішення проблем про коливання дисків парових і газових турбін і авіаційних газотурбінних двигунів [16, арк. 55].

Основною складністю досліджень спільних коливань дисків і лопаток було те, що конструктивні особливості робочих коліс турбомашин не дозволяли застосувати існуючі методи чисельного рішення диференціальних рівнянь навіть за допомогою ЕОМ. Тому колективом співробітників кафедри ДММ ХПІ у складі С. І. Богомолова та його учнів А. М. Журавльової і О. К. Сливи був розроблений єдиний підхід до розв'язання задач про коливання складних механічних систем, заснований на матричному методі дослідження

коливань, що дозволяв краще використати обмежені ресурси ЕОМ того часу.

У роботі О. К. Сливи розроблений загальний метод побудови дискретних моделей природно закручених стрижнів та круглих пластин і на цій основі проведено дослідження згинально-крутильних коливань як окремих лопаток, так і їх пакетів [17].

У кандидатській дисертації А. М. Журавльової [18] розроблено метод дослідження спільних коливань конструктивних елементів ротора барабанно-дискового типу, що являє собою систему тонких облопачених дисків, зв'язаних в пакет конічною або циліндричною оболонкою обертання. Проблема виникла у зв'язку з тим, що жорсткість оболонок порівняна з жорсткістю тонких і гнучких дисків. Для її вирішення була створена програма, реалізована на ЕОМ М-20, яка передбачала можливість дослідження динамічних характеристик дисків, в яких може варіюватися положення підкріплювальних оболонок, а також характер граничних умов на внутрішньому контурі диска і торцях підкріплювальних оболонок.

Другим у роботі був метод розрахунку спільних коливань системи «пружні опори – вал – диски – робочі лопатки» і критичних швидкостей багатоопорних роторів на піддатливих пружних опорах з урахуванням пружно-інерційних властивостей гнучких облопачених дисків.

Пізніше С. І. Богомолівим і А. М. Журавльовою були написані дві монографії, присвячені коливанням складних механічних систем, які описують коливання в парових і газових турбінах [7; 19].

Усі зазначені роботи проводилися в рамках головної теми проблемної лабораторії – «Дослідження напруженого стану конструкцій і деталей машин, що працюють в умовах високих температур і великих обертів», що виконувалась основним складом співробітників лабораторії і була включена до плану найважливіших робіт відповідно до Постанови Ради Міністрів УРСР [20, арк. 3-5]. Результати досліджень були впроваджені в декількох організаціях, зокрема в ЦІАМ та ЗМКБ (Запорізьке машинобудівне конструкторське бюро) «Прогрес» ім. О. Г. Івченка [21, арк. 1; 22, арк. 4-5; 23, арк. 12, 26-27].

Зі зростанням швидкості обертання парових і газових турбін експлуатаційні обороти в багатьох випадках стали перевищувати резонансні або критичні значення коливань машин у цілому або їх окремих деталей (робочих лопаток, дисків, роторів). Прагнення полегшити конструкцію привело розвиток турбомашин до застосування як у стаціонарних, так і в транспортних (авіаційних і суднових) парових та газових турбінах так званих «гнучких» роторів, тобто таких, для яких перші критичні швидкості виявляються нижче робочих оборотів. У цьому випадку під час пуску (розгін) або зупинки (вибіг) машина проходить резонансний режим. Але амплітуди коливань при цьому менші, ніж на сталому резонансному режимі, адже вони не встигають розвинути. Отже, простий розрахунок вимушених резонансних коливань дасть завищене значення. Тому актуальним завданням для таких систем є вивчення

нестационарних коливань, так званого перехідного процесу.

Серед усіх перехідних процесів проходження через резонанс становить найбільший практичний інтерес. Саме це питання з усього спектру проблем нестационарних коливань і виділив учений з ХПІ Є. Г. Голоскоков у своїй кандидатській дисертації, виконаній під керівництвом члена-кореспондента АН УРСР (з 1967 р. академіка) А. П. Філіппова.



Професор Євген Григорович Голоскоков
(1928-2008)

Після одержання вченого ступення кандидата технічних наук Євген Григорович продовжив активно працювати над проблемами нестационарних коливань, але коло розглянутих проблем стало набагато ширшим. У наступних роботах Є. Г. Голоскокова і А. П. Філіппова вивчені перехідні процеси в лінійних системах як у дискретних, так і в континуальних. Але більше уваги приділялося перехідним процесам у нелінійних системах, які розглядаються за допомогою асимптотичних методів, розвинутих у роботах М. М. Боголюбова та Ю. О. Мітропольського. Це може бути застосовано для систем, параметри яких повільно змінюються відносно власних періодів відповідної лінеаризованої системи, що становить досить широкий клас задач. Дотримуючись робіт основоположників нелінійної механіки, харківські вчені застосували асимптотичні розклади за ступенями малого параметра для дослідження нестационарних режимів у системах з повільно змінними параметрами. Застосовані ними методи дозволяють, зокрема, досліджувати такі

специфічні явища, притаманні лише нелінійним системам, як автоколивання і субгармонійні коливання. Об'єктами дослідження стали диски, гнучкі ротори, співвісні ротори та інші частини турбомашин. Зокрема було проведено теоретичне дослідження нестационарних і усталених коливань роторів турбомашин з урахуванням нелінійно-пружних масових опор [22, арк. 12].

Результати досліджень були опубліковані в монографії А. П. Філіппова і Є. Г. Голоскокова «Нестационарні коливання механічних систем» (Київ, 1966). Так само називалася і тема докторської дисертації Євгена Григоровича, яку він успішно захистив у 1968 р. [19]. У 1971 р. в Берліні (Німецька Демократична республіка) була видана ще одна книга, присвячена нестационарним коливанням [7]. Результати досліджень, поруч із заводами, що випускають стаціонарні і суднові турбіни, були впроваджені також на ЗМКБ «Прогрес» [20, арк. 18-19; 23, арк. 26-27].

Таким чином роботи, розпочаті для потреб турбінобудування, набули більш загального значення і з успіхом були використані в авіадвигунобудуванні.

У 1970-х рр. запорізькі авіадвигунобудівні підприємства проводили спільні науково-дослідні роботи з науковцями спеціалізованих кафедр ХАІ, спрямовані на запобігання передчасного руйнування лопаток ГТД.

Так, 1971 р. були підбиті підсумки спільної роботи ЗМКБ «Прогрес» та ХАІ з дослідження температурної складової охолоджувальної лопатки турбіни AI-25T, яка тривала в 1968-1970 рр. Серед присутніх значну роль відігравали керівники проекту зі сторони інституту – завідувач кафедри конструкції та міцності двигунів літальних апаратів доцент, кандидат технічних наук А. М. Фрід та керівник лабораторії міцності кафедри кандидат технічних наук Д. Ф. Симбірський. У результаті розроблений метод визначення температурної складової турбін лопатки за допомогою високотемпературних плівкових термодатчиків дозволив оцінити теплопружний стан турбінної лопатки (основною став прямий експеримент), а також значно підвищити точність самого експерименту [24, арк. 4].

У 1977 р. було високо оцінено науковий внесок доктора технічних наук, професора кафедри газотермодинаміки та реактивних двигунів ХАІ Володимира Миколайовича Єршова, який наступного року отримав звання «Заслужений почесний діяч науки УРСР». Він був одним із провідних учених у сфері газодинаміки лопаткових машин авіаційних двигунів та стаціонарних енергоустановок. В. М. Єршов створив велику наукову школу з авіаційного компресоробудування, був науковим керівником об'єднаної проблемної лабораторії, займався питаннями газотурбобудування та теорії повітряно-реактивних двигунів. Під керівництвом вченого в ХАІ було створено навчально-лабораторну базу і організовано дослідження у сфері створення нових типів двигунів для літальних апаратів. Професор виконав значний комплекс наукових досліджень режимів роботи лопаткових машин: докладно досліджено явища обертального зриву в осьових компресорах, викликаних нестационарними

режимами роботи ГТД, досліджено вплив подовжених лопаток на аеродинамічність осьових ступенів, вивчено вплив радіального проміжку на робочі ступені компресора, проведені дослідження впливу межового шару на характеристики осьових компресорів. Важливою рисою досліджень науковця був високий ступінь їх практичної реалізації. Його діяльність була спрямована на зміцнення зв'язків науки та виробництва. Багато робіт В. М. Єршова у сфері лопаткових машин було виконано спільно з ЗМКБ «Прогрес» та Запорізьким виробничим об'єднанням «Моторобудівник» (ЗВОМ). Результати роботи почали використовувати при створенні авіаційних двигунів не тільки в м. Запоріжжі, але й на інших підприємствах [25, арк. 2, 3].

Висновки

Отже, конструювання та виробництво авіаційних двигунів являє собою наукоємний процес, проблеми якого Запорізькому моторобудівному заводу та ЗМКБ «Прогрес» самостійно було вирішити не завжди під силу, і саме тоді вони звернулися за допомогою до відповідних спеціалістів. В 1950-1970-х рр. одним із головних завдань авіадвигунобудівних підприємств м. Запоріжжя було вирішення питання підвищення ресурсу роторів газових турбін. Зазначена проблема безпосередньо стосувалася їх лопаток та дисків, які були найбільше навантаженими, підлягали небезпеці виникнення автоколивань та руйнування. І хоча перехід від конструювання та виробництва поршневих до газотурбінних двигунів розпочався тільки в 1950-х рр., науковці галузі динаміки та міцності машин мали неабиякий досвід у цій сфері. Серед українських учених, які займалися питаннями міцності в турбінобудуванні, потрібно виділити науково-дослідницьку роботу академіка АН УРСР Г. С. Писаренка (ІПМ АН УРСР), внесок якого важко переоцінити; професора С. І. Богомоллова та його учнів А. М. Журавльової, О. К. Сливи (кафедра «Динаміка і міцність машин» ХПІ); науковців ХАІ А. М. Фріда, Д. Ф. Симбірського (кафедра «Конструкція та міцність двигунів літальних апаратів») та професора В. М. Єршова (кафедра «Газотермодинаміка та реактивні двигуни»).

З початком застосування так званих «гнучких» роторів в авіадвигунобудуванні постало завдання вивчення властивих їм нестационарних коливань. Це питання було розглянуто в роботах професора Є. Г. Голоскокова під керівництвом члена-кореспондента АН УРСР А. П. Філіппова (кафедра «Динаміка і міцність машин» ХПІ).

Пропонований огляд розвитку співпраці запорізьких авіадвигунобудівних підприємств з науково-дослідними установами є неповним та охоплює тільки один із проблемних напрямів галузі, тому існує потреба продовження досліджень у більш широкому аспекті.

Джерела та література:

1. Чумаченко О. А. Створення та виробництво ДТРД AI-25 у Запоріжжі в 1965 – 1975 рр. / О. А.

Чумаченко / Питання історії науки і техніки: Центр пам'яткознавства НАНУ і УТОПІК. – К. – №1. – 2015. – С. 34-40.

2. Чумаченко О. А. Конструювання та виробництво авіаційних двигунів у Запорізькому регіоні 1950 – 1965 рр. / О. А. Чумаченко / Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. Серія: Історія науки і техніки. – 2015. – **Випуск який?** – С. 173-179.

3. Chumachenko Olga. The role of Zaporizhian aircraft engine building in the development of Czechoslovak aviation industry in the 1970 – 1980`s / Olga Chumachenko / Modern Science (scientific journal). – № 2. – 2015. – Prague. – P. 107-113.

4. Ларин А. А. Исследования колебаний с учетом рассеяния энергии в материале. Основание школы Г. С. Писаренко / А. А. Ларин // Вісник Дніпропетровського університету, 2010. – № 1/2/ Серія Історія і філософія науки і техніки. – Вип. 17. – С. 89-96.

5. Прочность материалов и конструкций / [Редкол.: В. Т. Трощенко (отв. ред.) и др.]. – К.: Академперіодика, 2006. – 1076 с.

6. Завистовская Е. И., Ларин А. А. Проблемы прочности в турбостроении и развитие школы механики НТУ «ХПИ» / Е. И. Завистовская, А. А. Ларин // Вестник НТУ «ХПИ» История науки и техники, 2009. – Вып. 48. – С. 40-49.

7. Кедровская О. С., Ларин А. А., Львов Г. И. Жизненный и творческий путь Сергея Ивановича Богомоллова (К 90-летию со дня рождения) / О. С. Кедровская, А. А. Ларин, Г. И. Львов // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Динаміка і міцність машин, 2012. – Вип. 55. – С. 3-12.

8. Ларин А. А. Вклад Евгения Григорьевича Голоскокова в развитие теории нестационарных колебаний / А. А. Ларин // Вестник НТУ «ХПИ». Серія: Динамика и прочность машин, 2008. – Вып. 36. – С. 4-11.

9. Державний архів Запорізької області (далі – ДАЗО), ф. Р-171, оп. 6, спр. 172, 71 арк.

10. ДАЗО, ф. Р-5644, оп. 1, спр. 84, 17 арк.

11. Центральний Державний архів громадських об'єднань України ф. 1, оп. 23, спр. 5125, 298 арк.

12. Архів Інституту проблем машинобудування НАН України, Опись № 1 документальных материалов постоянного хранения за 1944-1969 годы.

13. Богомоллов С. И. Изгибные колебания дисков совместно с лопатками / Сергей Иванович Богомоллов. – Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Харьков, 1955. – 12 с.

14. Державний архів Харківської області (далі – ДАХО), ф. Р-1682, оп. 13, спр. 1459, 16 арк.

15. Богомоллов С. И. Колебания дисков турбомашин дис. ... докт. техн. наук / Сергей Иванович Богомоллов. – Харьков, 1969. – 448 с.

16. ДАХО, ф. Р-1682, оп. 13, спр. 2600, 59 арк.

17. Слива О. К. Метод сосредоточенных параметров и его применение в исследовании колебаний рабочих лопаток турбомашин / Олег

Кириллович Слива // Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Харьков. – 1967. – 21 с.

18. Журавлева А. М. Исследование совместных колебаний конструктивных элементов роторов турбомашин: дис. ... канд. техн. наук / Алевтина Матвеевна Журавлева. – Харьков. – 1967. – 187 с.

19. Голоскоков Е. Г. Нестационарные колебания механических систем: дис. ... докт. техн. наук / Евгений Григорьевич Голоскоков. – Харьков, 1968. – 564 с.

20. ДАХО, ф. Р-1687, оп. 13, спр. 2184, 26 арк.

21. ДАХО, ф. Р-1687, оп. 13, спр. 696, 31 арк.

22. ДАХО, ф. Р-1687, оп. 13, спр. 1787, 17 арк.

23. ДАХО, ф. Р-1687, оп. 13, спр. 3028, 32 арк.

24. ДАЗО, ф. Р-5644, оп. 1, спр. 135, 10 арк.

25. ДАЗО, ф. Р-5644, оп. 1, спр. 229, 7 арк.



Ларін Андрій Олексійович

– кандидат технічних наук, доцент,
професор кафедри історії науки і
техніки Національного технічного
університету «Харківський
політехнічний інститут»



Чумаченко Ольга Анатоліївна –
асистент кафедри українознавства
та загальної мовної підготовки
Запорізького національного
технічного університету